Röntgenologische Studien über den Knochenabbau bei Frakturheilung

an Hand des Materials der Würzburger Chirurgischen Klinik
Vorstand: Geheimrat König

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Wilhelm Kieling
aus Brandenburg/Havel

J. F. Bergmann
München

und

Julius Springer
Berlin

1927

Referent: Geheimrat König

Jede Gewebsschädigung pflegt bei ihrer Heilung einerseits Abbau, andererseits Neubildung in ausgleichendem Maße in Erscheinung treten zu lassen. Darin macht auch das Knochengewebe, obwohl hier neben der organischen auch anorganische Substanz vertreten ist, keine Ausnahme. Der gebrochene Knochen zeitigt als regressives Moment den Abbau, als progressives den Kallus. Der Kallusbildung hat man von jeher die größere Beachtung geschenkt, war sie ja doch entscheidend für die Prognose der Heilung. Diese eigenartige Kittsubstanz konnte zudem in ihrem weiteren Verhalten klinisch leicht geprüft werden; ihre Ausdehnung und ihre Festigkeit waren der Palpation zugänglich. Dagegen bedarf es modernster klinischer Methoden, normaliter überhaupt die Existenz eines Knochenabbaues bei Frakturen nachzuweisen. Aus diesem Grunde kamen vor Erfindung der Röntgenstrahlen klinisch nur solche Fälle zur Beobachtung, die bereits einen pathologisch gesteigerten Abbau aufwiesen (Gurlt [1], Bérard, Guéretin, Curling, Adams). Nur dem Anatomen wie dem Chirurgen im Falle eines operativen Eingriffes war es vorbehalten, den Abbau bei normal heilenden Knochenbrüchen zu studieren. Hier verdient in erster Linie Bonome (2) genannt zu werden, der in seiner „Histogenese der Knochenregeneration“ folgendes sagt:

„Nach 48 Stunden werden fast alle Knochenzellen in der Nähe der Bruchstelle nekrotisch. Die Kerne reagieren nicht mehr auf die Färbesubstanzen. Die Knochensubstanz nimmt ein der Länge nach feingestreiftes Aussehen an und zeigt kein Gefäß mehr. Diese Tatsache, auf welche noch niemand aufmerksam gemacht hat, und die ich an allen meinen Präparaten konstatieren kann, tritt am klarsten an einfachen Infraktionen zutage, in denen von starken Kontusionen mit Gewebszertrümmerung keine Rede sein kann“ (S. 329).

„Auf der periostalen Oberfläche aber hat man neben der Neubildungszone eine Resorptionszone. Es beweist dieses, daß die Resorption gleichzeitig an verschiedenen Stellen desselben Knochens auftreten kann, und daß dieselbe mechanischen Gesetzen folgt, indem sie von der Stärke des Reizes abhängig ist. Da wo die stärkste Reizung stattfand, deren Folge in einer reichlichen Blutzufuhr besteht, so daß die zelligen Elemente der osteogenetischen Schicht modifiziert wurden, tritt an die Stelle der Proliferation die Resorption" (S. 337).

Die gleiche Anschauung vertritt auch Maas (4) in seiner 1875 erschienenen Arbeit: „Über Wachstum und Regeneration der Röhrenknochen", wo er ausführt:

„In dem alten Knochengewebe (im Gegensatz zum neugebildeten Kallus) bemerkt man nur rege Resorptionsvorgänge an den der Markhöhle zunächst gelegenen Haverschen Kanälen. Das Knochenmark selbst tritt in eine sehr lebhafte resorbierende Tätigkeit und geht hierbei selbst bei alten Tieren eine Umwandlung in embryonales rotes Mark ein."

Damit sind eigentlich alle in der Literatur auffindbaren Bemerkungen über die Art des Abbaues in bezug auf histologische Vorgänge angeführt. Eine spätere Zeit beschränkt sich darauf, Lokalisation und Ausmaß dieses Prozesses zu erforschen. Sie fußte dabei auf Arbeiten von Wolff (5) und Hunter. Ersterer erkannte die statisch persistente Neubildung und Auflösung von Knochensubstanz an der Bruchstelle, letzterer schuf die Theorie von der „modellierenden Resorption", Doktrinen von fragloser Identität. Fritz König (6) weist in seiner Arbeit über „Die späteren Schicksale difform geheilter Knochenbrüche besonders bei Kindern" nach, daß ein statisch bedingter An- und Abbau von Knochensubstanz bei jugendlichen Knochen in größerem Umfange statthat.

Zusammenfassend von den bisher über den Knochenabbau bei normal heilenden Frakturen beschriebenen Beobachtungen wäre also zu sagen, daß dieser jeden Heilungsvorgang begleitet (Bonome), daß er mechanischen Gesetzen folgt (Wolff u. a.), und daß er bei Kindern in besonders gesteigertem Maße auftritt (König).

Durch die Untersuchungsmethode des 20. Jahrhunderts, das Röntgenbild, war das Studium des Knochenabbaues auch der klinischen Diagnose eröffnet worden. Von dieser Zeit an war auch der Kliniker, mehr noch als der Anatom in der Lage, die Phasen der Bruchheilung, ebenso wie die einzelnen Phasen des Knochenabbaues zu beobachten. Trotzdem ist der Knochenabbau, wie er sich bei geröntgten Frakturen darstellt, noch nirgends beschrieben worden. Die Erklärung ist wohl in dem Umstande zu suchen, daß wie früher so auch heute noch die Kallusbildung im Vordergrunde des Interesses steht. Dennoch sind die Beziehungen zwischen Kallus und Abbau so wichtige, daß dieser für die Beurteilung der Prognose nicht außer acht gelassen werden darf.

Von dem Material der Würzburger Universitätsklinik untersuchte Verfasser 45 Frakturen an den Diaphysen der langen Röhrenknochen, worunter sich alle in Frage stehenden Brüche des Jahres 1924 befinden (siehe Tabelle). Auf eine ausführliche Beschreibung von 15 dieser Fälle glaubte Verfasser sich beschränken zu können.

Bei Betrachten der Röntgenbilder fällt zunächst auf, daß entgegen der eingangs durch Analogieschluß begründeten Theorie, bei Traumen auch des

Knochens finde ein Abbau statt, und entgegen den Beobachtungen Bonomes nicht alle Frakturen in ihrem röntgenologisch festgehaltenen Heilungsverlaufe Abbau aufweisen. Es ist diese Erscheinung auf die in den Grenzen des Makroskopischen gehaltenen Produktionen der Röntgenphotographie zurückzuführen, abgesehen von technischen Fehlern (Belichtungsdauer), die feinere Strukturveränderungen verdecken. Von den 31 zur Beobachtung gekommenen Frakturen des Jahres 1924 zeigten 21 Abbau, also 68%. Man könnte sich mit Feststellung dieser Tatsache zufriedenstellen und sich damit begnügen, den Abbau da zu studieren, wo er sich zeigt. Für die klinische Diagnostik und Prognostik erscheint es indessen unerläßlich zu wissen, wann sich normalerweise ein Abbau im Röntgenbilde dokumentieren muß und wann er ausbleiben darf.

Wiedergegeben wird der Abbau im Röntgenbilde dann, wenn der fragliche Prozeß die notwendige Ausdehnung gewonnen hat. Die Faktoren, die seine Intensität bestimmen, sind sowohl in der Art des Traumas wie in dem biologischen Zustand des betroffenen Knochengewebes zu suchen. So vielseitig diese beiden Faktoren auch sein mögen, so lassen sie sich doch, ohne grobe Fehler zu begehen, zurückführen auf: Die Stärke der einwirkenden Gewalt, die an der gesetzten Schädigung zu beurteilen wäre, und das Alter des Gewebes, das nirgends so wie gerade beim Knochen ins Gewicht fällt.

Bei Anordnung der Brüche der Größe des Traumas nach ergeben sich Schwierigkeiten, zu dieser Bestimmung das eindeutige Maß zu finden. Von jeher gilt die Scheidung in offene und subkutane Brüche, die einzige Differenzierung, die einen Schluß auf die Schwere des Traumas zuläßt. So wurde auch hier in Ermangelung eines besseren dies relativ grobe Schema angewandt. Eine Sonderstellung wurde Brüchen mit operativem Eingriff eingeräumt, da letztere offenen Brüchen vorurteilslos nicht gleichgeachtet wurden. Es ergaben sich also unter diesen Voraussetzungen vier Gruppen von Frakturen: subkutane Brüche, subkutane Brüche mit operativem Eingriff, offene Brüche und offene Brüche mit operativem Eingriff.

Die Zusammenstellung der Brüche, die Abbau zeigen, entsprechend diesem durch Trauma und eventuell nachfolgendem chirurgischen Eingriff geschaffenen Status, in Beziehung gesetzt zu dem Alter des Patienten, ergibt folgende Übersicht (vgl. Tab.):

I. Subkutane Brüche.

*Kornberger, Blanka	2jährig,
*Weichselfelder, Lenchen	3 „
*Roth, Hans	6 „
Nußmächter, Toni	7 „
Kunzig, Ludwig	9 „
Stahl, Friedrich	13 „
Decker, August	14 „
Guckenberger, Bernhard	14 „
Wiese, August	14 „
Brückner, Hans	16 „
*Kiesel Ludwig	17 „

* später beschriebene Fälle.

*Geßner Josef 18jährig,
Herold, Hans . . . . . 18 „
*Huppmann, Adolf . . . . . 18 „
Kleinlein, Karl . . . . . 19 „
*Maier, Karl . . . . . 19 „
Baierle, Gustav . . . . . 20 „
Hofmann, Barbara . . . . . 22 „

II. Subkutane Brüche mit blutigem Eingriff.

*Kunz, Alfred 6jährig,
Adler, Hans . . . . . 22 „
Kiesel, Grete . . . . . 22 „
Haertl, Betty . . . . . 28 „
Wolbert, Fritz . . . . . 29 „
*Müller, Christian . . . . . 35 „
Hanf, Margarete . . . . . 41 „
*Dobler Elisabeth . . . . . 65 „

III. Offene Brüche.

Hemmerich, Adolf 5jährig,
Noß, Adolf . . . . . 10 „
*Schumann, Lotte . . . . . 25 „
Götze, Wilhelm . . . . . 29 „

IV. Offene Brüche mit blutigem Eingriff.

*Flammersberger, Karl 21jährig,
*Pfreazinger, Wendelin . . . . . 22 „
Schwesinger, Erich . . . . . 22 „
*Laumeister, Ernst . . . . . 29 „
*Sinsinger, Georg . . . . . 51 „
Friedel, Johann . . . . . 55 ,

Von den Frakturen sind vor allem Individuen im 2. und 3. Lebensjahrzehnt betroffen. Wenngleich also eine Kontrastierung abgeschwächt erscheinen muß, so fällt doch der Gegensatz auf, in dem Gruppe I zu allen übrigen steht. Die obere Altersgrenze dieser Gruppe liegt bei 22 Jahren, dagegen befindet sich in Gruppe III ein 29jähriger, in Gruppe IV ein 55jähriger Patient und in Gruppe II eine 65jährige Patientin; im übrigen ist in diesen Gruppen ein Überwiegen des 3. Dezenniums zu konstatieren. Es liegt nahe, daraus den Schluß zu ziehen, daß das Trauma einer Subkutanfraktur bei älteren Knochen nicht hinreicht, um im Röntgenbilde Abbau erkennen zu lassen, daß nach Überschreiten einer bestimmten Altersgrenze vielmehr das Trauma eines offenen Bruches oder eines operativen Eingriffes vorliegen muß, um zu diesem Ziele zu gelangen. Diese Vermutung wurde durch Gegenprobe zur Tatsache erhärtet. Die vollständige Frakturenliste des Jahres 1924 gab dazu das Material. Darunter sind als subkutane Frakturen ohne Abbau aufgezählt:

* später beschriebene Fälle.

Rösch, Eduard	22jährig,
Winkler, Sophie	25 „
Göbel, Josef	27 „
Morschhäuser, Emilie	40 „
Lindacker, Ludwig	42 „
Kreis, Josef	43 „
Wenzel, Wilhelm	47 „
Siedler, Peter	54 „
Schippert, Anton	60 „

Offene Frakturen und solche mit blutigem Eingriff, die im Röntgenbilde keinen Abbau aufgewiesen hätten, sind nicht darunter und kommen nach Beurteilung des Verfassers nicht vor.

Das entscheidende Lebensjahr, bei subkutanen Brüchen röntgenologisch Abbau festzustellen oder nicht, wäre also das 22. Lebenjahr: jüngere Knochen zeigen Abbau, ältere nicht. Wenn man auch nach den folgenden Ergebnissen annehmen darf, daß die Knochenheilung bestimmten Gesetzen folgt, so ist doch solche Exaktheit in Anbetracht individueller Verschiedenheiten unwahrscheinlich. Es ist als Zufallsbefund anzusehen, daß die obere Altersgrenze der Frakturen mit Abbau und die untere Altersgrenze derer ohne Abbau auf dasselbe Jahr fallen. Gelten lassen darf man indessen, daß im Anfang der zwanziger Jahre bei Subkutanfrakturen der Knochenabbau beginnt in seinem Umfang nachzulassen, so daß er im Röntgenbild von nun an nicht mehr zu diagnostizieren ist.

Der Abbau bei offenen Frakturen und bei Frakturen mit blutigem Eingriff findet in seinem Verhalten zur Röntgenphotographie kein Mittel zum Beweis unterschiedlicher Größe. In jedem Lebensalter erscheint im einen wie im anderen Falle auf dem Röntgenbilde Abbau.

Nach diesem Resultat, das so deutlich die Reaktivität des Knochengewebes in Abhängigkeit vom Alter des Patienten erweist, drängt sich geradezu die Vermutung auf, daß auch das zeitliche Auftreten des Abbaues an diesen Umstand geknüpft sein könnte. Die Frage lautet: Tritt Abbau um so früher nach dem Trauma auf, je jünger der Knochen ist?

Dies Problem mit Hilfe des Röntgenbildes zu lösen, erheischt eine eingehende Kritik der notwendig durch die Art des Mittels verursachten Fehlerquellen.

Voranzuschicken dürfte sein, daß es sich nur um eine relative Bestimmung des Zeitpunktes für das Auftreten des Abbaues handeln kann. Wann die ersten Vorgänge dieser Art das Knochengewebe angreifen, läßt sich auf röntgenologischem Wege nicht ermitteln, sondern nur — und auch das noch mit Einschränkung —, wann der Prozeß solche Ausdehnung angenommen hat, um im Röntgenbilde sichtbar zu werden. Indessen ist dieser Mangel nicht von großer Bedeutung, wenn man voraussetzt, daß die Differenzen in der Schnelligkeit seines Verlaufes bei den einzelnen Individuen nicht zu große sind und so das Verhältnis der verschiedenen in Frage stehenden Perioden zwischen Trauma und Eintritt des Abbaues im Röntgenbild dasselbe bleibt wie in Wirklichkeit.

Regelrechte Fehler müssen aber im Einzelfalle bei der zeitlichen Bestimmung des Traumas und auch des röntgenologischen Abbaues begangen werden.

Nach den bisherigen Ergebnissen ist es fraglich, was im Falle eines operativen Eingriffes als entscheidendes Moment für den im Röntgenbild erscheinenden Abbau anzusehen ist. Wir wissen bereits, daß bei subkutanen Frakturen im Alter über 20 Jahre nur auf Grund blutiger chirurgischer Maßnahmen mit Abbau im Röntgenbild zu rechnen ist. Dabei wäre zu bedenken, daß dieser Abbau sich nicht allein vom operativen Eingriff herleitet, sondern, wenn Fraktur und Eingriff nicht unmittelbar aufeinander folgen, in mikroskopischen Dimensionen schon vorher bestanden haben muß. Wohin also ist der Zeitpunkt des entscheidenden Traumas zu verlegen? Das erste, die Fraktur, ist Ursache des Abbaues überhaupt, das zweite, der operative Eingriff, Ursache dafür, daß der Abbau im Röntgenbild zu sehen ist. Der Verfasser ist sich seiner Ungenauigkeit bewußt, wenn er als Zeitpunkt des Traumas in solchen Fällen das Datum des zweiten einsetzte.

Eine präzise Angabe des Termins, an dem Abbau im Röntgenbilde sichtbar wird, ist aus technischen Gründen unmöglich. Im allgemeinen wird von einer Fraktur alle 2—3 Wochen ein Röntgenbild hergestellt. Veränderungen, die man beim Vergleichen des jeweiligen mit dem früheren wahrnehmen kann, haben sich natürlich während des zwischen den Aufnahmen verstrichenen Zeitraumes vollzogen. So sind auch die ersten Anzeichen des sichtbar gewordenen Abbaues auf irgendeinen vorhergehenden Zeitpunkt zu verlegen. Wenn der Verfasser für diesen Zeitpunkt den mittleren Tag (imaginärer Termin) der Periode (Abbauperiode), die einerseits durch das Datum des Röntgenbildes, das noch keinen Abbau, und andererseits durch das Datum dessen, das zum ersten Male Abbau zeigt, begrenzt ist, annahm, so ist er sich auch hier einer Ungenauigkeit bewußt.

Aus dieser kritischen Betrachtung geht hervor, daß ein der Wahrheit angenähertes Ergebnis nur durch Untersuchung eines großen Materiales erzielt werden kann. Das Material, das dem Verfasser zur Verfügung stand, reichte zwar nicht hin, für jedes Lebensjahr eine besondere Norm zu errechnen, wohl aber, obengestellte Frage zu beantworten, indem mittlere Werte von Altersklassen zu je 5 Jahren bestimmt wurden.

Altersklasse	Name	Abbauperiode	mittlere Abbauperiode	imaginärer Termin
A 1—5 Jahre . . .	*Blanka Kornberger . .	0.—4.	3.—14.	8,5
	Lenchen Weichselfelder	0.—21.		
	Adolf Hemmerich. . .	8.—16.		
	Alfred Kunz	0.—12.		
	* Hans Roth.	9.—37.		
B 5—10 Jahre . . .	Toni Nußmächter. . .	0.—31.	2.—22.	12
	Ludwig Künzig. . . .	0.—11.		
	Adolf Noß	0.—21.		
	Friedrich Stahl. . . .	0.—13.		

Altersklasse	Name	Abbau-periode	mittlere Abbau-periode	imaginärer Termin
C 10—15 Jahre . .	August Wiese	2.—11.	2.—16.	9
	August Decker	1.—15.		
	Bernhard Guckenberger	5.—24.		
	Hans Brückner . . .	1.—24.		
	*Ludwig Kiesel	2.—27.		
	*Josef Geßner	7.—25.		
D 15—20 Jahre . .	*Adolf Huppmann . . .	3.—14.	3.—22.	12,5
	Hans Herold	3.—30.		
	*Karl Maier	5.—20.		
	Gustav Baierle	1.—17.		
	*Karl Flammersberger .	5.—56.		
	Hans Adler	1.—24.		
	Grete Kiesel	20.—43.		
E 20—25 Jahre . .	Barbara Hofmann . .	16.—33.	6.—35	20,5
	Erich Schwesinger . .	1.—19.		
	*Wendelin Pfrenzinger .	0.—33.		
	*Lotte Schuhmann . .	1.—34.		
	Betty Haertl	15.—22.		
F 25—30 Jahre . .	Fritz Wolbert	19.—35.	16.—43.	29,5
	Wilhelm Götze	14.—78.		
	*Ernst Laumeister . . .	16.—36.		

Mit der 6. Altersklasse mußte die Berechnung leider eingestellt werden, da vom 30. Lebensjahre ab die Zahl der Frakturen eine so geringe wurde, daß sich keine vollgültigen Durchschnittswerte ergeben hätten.

Der sog. imaginäre Termin ist als der Tag nach dem Trauma anzusehen, an dem durchschnittlich im Röntgenbilde die ersten Anzeichen des Abbaues auftreten. Die Vorstellung dieser Zahlen wird durch das Bild einer Kurve, in deren Abszisse das Lebensalter und in deren Ordinate der imaginäre Termin eingezeichnet wurden, erleichtert.

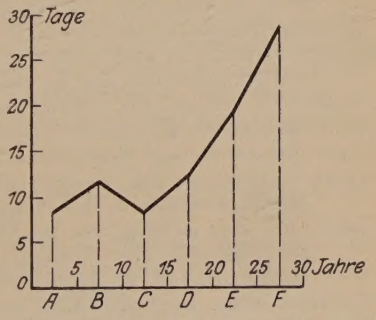

Abb. 1.

Die Kurve zeigt die aufsteigende Linie, die zu erwarten war: mit höherem Alter verspätet sich der Abbau. Dennoch hat dieses Urteil, so sehr es durch die Theorie begründet sein mag, in praxi nur cum grano salis zu gelten. Die im allgemeinen aufstrebende Kurve hat einen absteigenden Schenkel, dessen tiefster Punkt zwischen dem 10. und 15. Lebensjahre liegt. Die Frage, ob es sich hier um zufällige abnorme Konstitution der betreffenden Patienten oder um eine Beeinträchtigung des Zahlenwertes durch wenig kompensierte Fehler, deren Möglichkeiten oben erwogen sind, oder aber um eine Tatsache handelt, die jenes Gesetz über Alter und Abbau durchbricht, ist nur mit Hilfe anderweitiger Nachprüfungen zu entscheiden.

Das Röntgenbild ist, wie wir gesehen haben, trotz allem in außerordentlich hohem Maße dazu geeignet, über die Ausdehnung und das zeitliche Auftreten des Abbaues zu orientieren.

Seine Bedeutung dafür, über die Art und den Hergang des Abbaues Auskunft zu geben, ohne den Heilungsverlauf zu unterbrechen, ist nicht geringer. Der Abbau zeigt im Röntgenbild immer wieder in seiner Gestaltung dieselben Formen. Das soll durch Beschreibung folgender Fälle des näheren erläutert werden.

Fall 1. Anamnese: Blanka Kornberger, 2 Jahre alt, fiel am 25. 8. 1923 beim Spielen vom Stuhl und brach den rechten Oberschenkel.

Aufnahmebefund: Patientin wird am 28. 8. 1923 in die Klinik aufgenommen. Sie ist von mittelkräftiger Konstitution und gutem Ernährungszustand. Das rechte Bein liegt in Semiflexion und Außenrotation. Der rechte Oberschenkel ist in ganzer Länge verdickt und verkürzt. An der Bruchstelle sind abnorme Beweglichkeit, Krepitation und Druckschmerz vorhanden.

Heilungsverlauf: Nach der Aufnahme wurde ein Extensionsverband angelegt.

12. 9. 1923: Die Fraktur beginnt sich zu konsolidieren.

21. 9. 1923: Die Fraktur ist fest.

26. 9. 1923: Patientin wird mit gut geheiltem Oberschenkelbruch entlassen.

Röntgenbefund: 29. 8. 1923: Der kindliche Oberschenkelknochen ist ungefähr in der Mitte schräg gebrochen. Die Frakturlinie verläuft von oben medial nach unten lateral und ist im wesentlichen glatt. Die Frakturenden sind im Sinne einer Dislocatio ad longitudinem cum breviatione und ad peripheriam verschoben.

Im Rande des medialen Kortikalisschattens des proximalen Fragmentes verlaufen zwei nebeneinander liegende dunkle Streifen, die entsprechend der Kortikalisstärke dünner werden und gegen den Trochanter minor hin ganz verschwinden. Das distale Fragment trägt am Rande seines medialen Kortikalisschattens ebenfalls zwei dunkle gleichförmige und parallel gehende Streifen, von denen der äußere am deutlichsten ist.

Fall 2. Anamnese: Lenchen Weichselfelder, 3 Jahre alt, wurde am 1. 11. 1923 von einem Radfahrer überfahren und erlitt einen Bruch des rechten Oberschenkels. Die Fraktur verheilte in schlechter Stellung.

Aufnahmebefund: Aus diesem Grunde wird Patientin am 21. 11. 1923 in die Klinik eingeliefert. Sie ist von mittelkräftigem Körperbau und mittlerem Ernährungszustand. Die Gesichtsfarbe ist bleich. Halsdrüsen sind fühlbar. Symptome von Rachitis, wie Caput quadratum und Rosenkranz sind vorhanden. Der rechte Oberschenkel zeigt eine starke Verkürzung. Die Fraktur ist fest, Kallus fühlbar.

Heilungsverlauf: 27. 11. 1923: Es wird ein Versuch der unblutigen Reposition gemacht, der aber mißlingt, da die Fraktur schon zu fest verheilt ist.

Die Patientin wird entlassen.

Röntgenbefund 22. 11. 1923: Die Fraktur befindet sich im oberen Drittel des Femurknochens. Die Frakturlinie verläuft von lateral oben nach medial unten. Die Bruchflächen liegen nebeneinander; es besteht eine Dislocatio ad longitudinem. Die stark entwickelte Kallusmasse verbindet daher nicht entsprechende Knochenteile, sondern den Knochenquerschnitt des einen mit der Knochenoberfläche des anderen Fragmentes.

An seiner periostalen Oberfläche ist der medial gelegene Kortikalisschatten des proximalen Fragmentes in verschiedener Breite dunkel gestreift. Der äußerste dieser Streifen ist am deutlichsten und verläuft, ohne unterbrochen zu sein, von der Bruchlinie bis zum Trochanter minor. Das distale Fragment hat an der Oberfläche seines lateralen Kortikalisschattens einen ähnlichen dunklen Streifen, der aber schwächer ist.

Fall 3. Anamnese: Hans Roth, 6 Jahre alt, glitt am 11. 5. 1925 neben einem Wagen aus, verletzte sich an der Stirn und zog sich einen Bruch des linken Oberschenkels zu. Aus der Weichteilwunde an der Stirn verlor er viel Blut. Bewußtlosigkeit und Erbrechen stellten sich nicht ein.

Aufnahmebefund: Am Tage des Unfalles wird Patient in die Klinik aufgenommen. Er befindet sich in gutem Ernährungs- und Kräftezustand. An der rechten Stirnhälfte hat er eine 15 cm lange Weichteilwunde. Der linke Oberschenkel ist im proximalen Drittel frakturiert, ein proximales und distales Bruchstück lassen sich palpieren.

Heilungsverlauf 15. 5. 1925: Der Bruch wird reponiert und das Bein im Streckverband aufgehängt.

12. 5. 1925: Die Wunde ist von gutem Aussehen. Patient schreit des öfteren auf und hat Muskelzuckungen im linken Oberarm und linken Oberschenkel.

16. 5. 1925: Die Zuckungen haben aufgehört.

8. 7. 1925: Patient steht auf.

13. 7. 1925: Patient wird mit einer Verkürzung des linken Beines um 1 cm entlassen.

Röntgenbefund 20. 5. 1925: Es liegt ein Querbruch des Femurknochens vor. Die Frakturenden stehen in Dislocatio ad latum und ad peripheriam.

Der Kortikalisschatten ist von homogenem Aussehen. Seine Konturen sind glatt.

17. 6. 1925: Die Stellung der Fragmente ist unverändert. Die Kallusbildung ist sehr stark und zieht sich am proximalen Fragment bis zu den Trochanteren hinauf, am distalen eine gleiche Strecke abwärts.

Am Kortikalisschatten der medialen Seite des proximalen Fragmentes erscheint die Randpartie 5—8 cm oberhalb der Frakturlinie, also auf 3 cm in Reichweite des Kallus von matterem Licht. Der Kortikalisschatten des distalen Fragmentes auf derselben Seite weist eine dunkle Streifung auf, die sich, von der Frakturlinie mit einer Breite von halber Rindenstärke beginnend und allmählich schmäler werdend, 10 cm weit recht undeutlich hinzieht, dann aber prägnant wird und nach weiteren 5 cm verschwindet. Die Spongiosa erscheint verschwommen.

8. 7. 1925: Die Stellung der Fragmente ist die alte. Der Kallus ist von hellerem Schimmer und zeigt deutliche Struktur neben klarer Abgrenzung gegen die Weichteile.

Die Kortikalis ist allgemein gestreift. An oben beschriebener Stelle des medialen Kortikalisschattens des proximalen Fragmentes verläuft unter der Oberfläche ein klar konturierter Streifen, neben diesem spongiosawärts parallel noch einige andere, weniger deutlich. Der laterale Kortikalisschatten des proximalen Fragmentes zeigt ebensolche Streifung, nur sind diese Streifen so schmal und so oft unterbrochen, daß ihr Vorhandensein nur bei genauer Betrachtung festzustellen ist. Die Streifung ist beiderseits so breit, daß gegen die Spongiosa nur eine schmale, 2 mm breite Partie des Kortikalisschattens übrig bleibt, die keine Andeutung von Streifung trägt. Am lateralen Kortikalisschatten des distalen Fragmentes sind dieselben Erscheinungen wahrzunehmen. Die Streifung des medialen Kortikalisschattens desselben zeigt sich am Rand jetzt völlig klar, in derselben Ausdehnung wie auf dem vorigen Röntgenbild.

Fall 4. Anamnese: Ludwig Kiesel, 17 Jahre alt, fiel am 27. 1. 1925 im Walde beim Holzholen und brach den rechten Unterschenkel.

Aufnahmebefund: Am folgenden Tage wird er in die Klinik eingeliefert. Der Patient ist von mittelkräftiger Statur und gutem Ernährungszustand. Der rechte Unterschenkel ist geschwollen und zeigt eine bläulichgelbe Verfärbung.

Heilungverlauf 28. 1. 1925: Es wird ein Gipsverband angelegt.

25. 2. 1925: Der Gipsverband wird entfernt.

14. 3. 1925: Patient wird auf persönlichen Wunsch, das rechte Bein im Gehgipsverband, entlassen.

24. 4. 1925: Patient wird von neuem aufgenommen, da der Bruch noch nicht tragfest ist.

4. 5. 1925: Patient wird mit funktionstüchtigem rechtem Bein entlassen.

Röntgenbefund 29. 1. 1925: Im unteren Drittel der Tibia befindet sich eine Torsionsfraktur. Eine Dislokation ist nicht vorhanden.

Die Kompakta des Knochens ist relativ dünn und nicht immer gleichmäßig stark, aber wohl gegen die Spongiosa abgesetzt und an ihrer Oberfläche ohne Rauhigkeit. Das Periost, das sich ausnahmsweise gegen die Kortikalis abgrenzen läßt, ist auffällig dick. Die Spongiosa ist von grober Struktur.

23. 2. 1925: Die Frakturspalten erscheinen verbreitert. Kallus ist vorhanden.

Das proximale Bruchstück hat unter der Oberfläche des medial gelegenen Kortikalisschattens einen dunklen Streifen von 10 cm Länge aufzuweisen, der in seiner Mitte auf 4 cm unterbrochen ist. Das distale Bruchstück zeigt auf derselben Seite unter der Oberfläche seines Kortikalisschattens auf 15 cm eine streifige Veränderung, die sich mit Entfernung von der Bruchstelle an Breite verringert. Der oberflächlichste Streifen ist unscharf begrenzt und oftmals unterbrochen. Der laterale Kortikalisschatten dieses Fragmentes besitzt unter seiner Oberfläche auf Ausdehnung von 7 cm einen mehrmals unterbrochenen, aber klaren, feinen, dunklen Streifen. Die Spongiosa erscheint im Bereich der Fraktur in ihrer Struktur verschwommen.

31. 3. 1925: Die Frakturspalten sind mit Kallus ausgefüllt. Die Kortikalis ist überall von streifiger Struktur; die Streifen erreichen eine Länge von 10—15 cm. Auf der medialen Seite hat der Kortikalisschatten flockiges Aussehen angenommen; seine Grenze gegen die Spongiosa ist verwaschen und nicht immer der Strukturähnlichkeit wegen festzustellen.

24. 4. 1925: Die Kallusmassen haben an Umfang zugenommen. Die Kortikalisstruktur auf der medialen Seite hat sich so verfeinert, daß eine Scheidung von der Spongiosa schlechterdings unmöglich ist. Die dunklen Streifen am Kortikalisrand haben entfernt der Bruchstelle an Deutlichkeit gewonnen, an der Bruchstelle selbst sind sie im Kallus unseren Blicken entzogen.

18. 5. 1925: Die Kallusbildung ist noch stärker geworden. Die Struktur des medialen Kortikalisschattens vergröbert sich wieder, die dunklen Flocken haben nämlich einen hellen wolkigen Schimmer erhalten. Eine Grenze zwischen Kortikalis und Spongiosa läßt sich ahnen.

Fall 5. Anamnese: Josef Geßner, 18 Jahre alt, wurde am 21. 3. 1925 von einem Kraftwagen überfahren und erlitt dabei eine Oberschenkelfraktur.

Aufnahmebefund: Am selben Tage erfolgt die Aufnahme in die Klinik. Patient ist in gutem Ernährungszustande. Der linke Oberschenkel ist angeschwollen und an der Grenze vom mittleren zum unteren Drittel nach medial abgeknickt. Abnorme Beweglichkeit und Krepitation kennzeichnen die Fraktur.

Heilungsverlauf 23. 3. 1925: Der Bruch wird reponiert und in einen Extensionsverband gebracht.

1. 5. 1925: Die Fraktur ist fast fest.

7. 5. 1925: Patient verläßt ohne Erlaubnis das Bett und frakturiert sich den linken Oberschenkel an der alten Bruchstelle zum zweiten Male.

8. 7. 1925: Patient kann aufstehen.

15. 7. 1925: Patient wird mit geheilter Struktur entlassen.

Röntgenbefund 21. 3. 1925: Der Oberschenkelknochen ist quer gebrochen. Die Fragmente sind ad longitudinem cum breviatione disloziert; außerdem ist das untere medial verschoben.

Die Kortikalis ist stark und von gleichmäßig homogener Schattierung. Die Spongiosa ist nicht sonderlich fein gebaut.

30. 3. 1925: Die Dislokation ist beseitigt. Die Fragmentspitzen haben an Schärfe verloren, ihre Ränder erscheinen verschwommen. Die Struktur des übrigen Knochens ist unverändert.

15. 4. 1925: Eine reichliche Kallusbildung liegt vor. Das obere Fragment weist an der Oberfläche seines Kortikalisschattens beiderseits einen dunklen Streifen von 3 cm Länge auf.

7. 5. 1925: Die Fraktur zeigt eine Dislocatio ad latum. Der Kallus ist an Masse weniger geworden, hat aber eine festere Konsistenz angenommen. Sein Schatten hat sich aufgehellt.

Die Kortikalis ist verdickt und aufgerauht. Ihr Übergang in die Spongiosa ist manchmal, besonders am distalen Fragment, so allmählich, daß keine Grenze zu finden ist. Am Rande zu dem Weichteilschatten ist die längsgerichtete Struktur der an sich schon aufgerauhten Kompakta deutlich streifenförmig, der oberflächlichste dunkle Streifen ist am deutlichsten. So besteht die Struktur im Bild aus nebeneinander liegenden, abwechselnden dunklen und hellen Streifen. Letztere verlieren sich in der Nähe der Fraktur

in dem gleichhellen Kallus, der sich hier augenscheinlich an Stelle der dunklen Zwischenstreifen befindet. Die Struktur der Spongiosa sieht verschwommen aus.

3. 6. 1925: Die Stellung der Fragmente ist unverändert. Die allgemeine Längsstreifung des Kortikalisschattens ist in einen flockigen Charakter übergegangen.

Fall 6. Anamnese: Adolf Huppmann, 18 Jahre alt, fiel am 4. 5. 1923 infolge eines Fehltrittes eine Steintreppe hinab und brach sich den rechten Unterschenkel.

Aufnahmebefund: Er wird am nächsten Tage in die Klinik eingeliefert. Patient ist von mittelgroßer Statur und mittlerem Ernährungszustand. Der rechte Unterschenkel und der rechte Fuß sind stark geschwollen und blaurot verfärbt. Die Bruchenden sind beweglich, auf Druck schmerzhaft, aber ohne Krepitation. Der Unterschenkel ist verkürzt.

Heilungsverlauf 5. 5. 1925: Der Unterschenkel wird geschient und feucht verbunden.

14. 5. 1925: Der Unterschenkel wird vermittels der Kalkaneuszange extendiert.

22. 5. 1925: Die Fraktur beginnt sich zu konsolidieren.

5. 6. 1925: Die Zange wird entfernt und ein Gipsverband angelegt.

5. 7. 1925: Die Fraktur ist fest. Patient wird entlassen.

Röntgenbefund 7. 5. 1925: Es liegt ein Torsions-(Flötenschnabel-)bruch der Tibia und ein Querbruch der Fibula vor. Die Struktur der Kortikalis ist normal.

18. 5. 1925: Die winklige Abweichung der unteren Fragmente ist korrigiert. Beginnender Kallus ist zu bemerken. Unter der Oberfläche des medialen Kortikalisschattens der Tibia verläuft ein dunkler Streifen. Der mediale Kortikalisschatten der Fibula ist gegen die Weichteile verschwommen. Auf der lateralen Seite ziehen unter der Oberfläche des Kortikalisschattens dunkle Streifen hin.

6. 7. 1925: Die Stellung der Fraktur ist unverändert. Die Kallusbildung ist reichlich, dieser selbst deutlich strukturiert. Der mediale Kortikalisschatten der Tibia ist von flockigem Aussehen und der Spongiosa ähnlich; gegen diese daher nicht abzugrenzen. Die Spongiosa tritt deutlicher hervor.

Fall 7. Anamnese: Karl Maier, 19 Jahre alt, stürzte am 24. 7. 1924 aus 15 m Höhe mit einem Flugzeug ab. Er war nicht bewußtlos, verspürte aber große Schmerzen im linken Oberschenkel, der frakturiert war.

Aufnahmebefund: Er wird am Tage des Unfalles in klinische Behandlung gegeben. Patient ist ein kräftiger Mann in gutem Ernährungszustande. Die Achse des linken Oberschenkels ist nach außen konvex. Auf der Mitte desselben befindet sich ein Hämatom und an seiner Außenseite eine stark blutende Hautwunde.

Heilungsverlauf 25. 7. 1924: Es wird ein Notverband angelegt.

30. 7. 1924: In der linken Leistenbeuge sind kirschgroße Drüsen fühlbar. Die Temperatur ist leicht angestiegen.

7. 8. 1924: Die Temperatur ist wieder normal. Der Bluterguß ist resorbiert.

16. 10. 1924: Großer Kallus ist palpabel.

21. 10. 1924: Patient wird geheilt entlassen.

Röntgenbefund 29. 7. 1924: Der Oberschenkelknochen ist in der Mitte quer gebrochen. Es besteht sowohl eine geringe Dislocatio ad latus wie auch ad longitudinem cum breviatione. Die Kortikalis ist relativ stark, ihr Schatten von homogenem Aussehen (siehe Abb. 2).

13. 8. 1924: Die Dislocatio ad longitudinem ist beseitigt. Spuren von Kallusbildung sind zu erkennen. Unter der Oberfläche des lateralen Kortikalisschattens beider Bruchenden zieht ein schmal begrenzter dunkler Streifen hin; er läßt sich am oberen 8 cm und am unteren 5 cm weit verfolgen (siehe Abb. 3).

8. 9. 1924: Der Kallus tritt deutlich hervor. Die dunkle Streifung des Kortikalisschattens, die vorher nur lateral sichtbar war, ist nun auch medial zu sehen. Und zwar beiderseits dieses Mal in noch größerer Ausdehnung und gröberer Form. Stellenweise liegt neben dem ersten Streifen spongiosawärts ein zweiter. Manchmal sind die Streifen zentimeterweit unterbrochen, weil sich hier der dunkle Weichteilschatten in die Kortikalis vorbuchtet. Diese erscheint dann wie „angefressen". Die Spongiosa zeigt eine verschwommene Struktur (siehe Abb. 4).

19. 9. 1924: Wesentliche Veränderungen in bezug auf Stellung und Struktur der Bruchenden sind nicht wahrzunehmen.

1. 10. 1924: Die Kallusmassen haben den Knochen eng umschlossen. Die Kompakta zeigt wie vorher Streifen und Einbuchtungen an der Oberfläche. Im ganzen aber ist ihr Schatten dunkler geworden und gleicht jetzt an Helligkeitsintensität dem des Kallus. Ihr Aussehen ist flockig (siehe Abb. 5).

Fall 8. Anamnese: Alfred Kunz, 6 Jahre alt, wurde am 25. 7. 1925 von einer Schaukel umgeworfen und zog sich einen Bruch des linken Oberschenkels zu. Er war nicht bewußtlos und erbrach nicht.

Aufnahmebefund: Er wird am selben Tage in die Klinik aufgenommen. Patient befindet sich in ausreichendem Ernährungs- und Kräftezustand. Das linke Bein ist etwas nach außen rotiert und abduziert; in seiner Länge 3 cm verkürzt. Die Fraktur im oberen Drittel ist druckschmerzhaft. Die Bruchenden sind zu fühlen. Die Weichteile sind geschwollen.

Heilungsverlauf 25. 7. 1925: Es wird ein Streckverband angelegt.

5. 8. 1925: Da die Stellung der Fragmente sich bisher nicht gebessert hat, erfolgt blutige Reposition. Am oberen Fragment hat sich eine starke Weichteilmasse gebildet. Muskulatur und darunter liegendes Periost müssen daher an dieser Stelle abgehoben werden. Der Bluterguß ist gering. Es gelingt, die Fraktur einzurichten. Auf die laterale Kante wird eine Lanesche Platte aufgesetzt und Periost samt Muskulatur darüber vernäht.

4. 8. 1925: Patient hat die Operation gut überstanden. Die Wunde schließt sich per primam intentionem.

20. 9. 1925: Die Fraktur ist fest.

30. 9. 1925: Patient wird geheilt entlassen.

Röntgenbefund 25. 7. 1925: Die Fraktur ist ein Schrägbruch, die Frakturlinie verläuft von lateral oben nach medial unten und befindet sich etwa 5 cm unter der proximalen Epiphysenfuge. Eine Dislocatio ad peripheriam und zugleich ad longitudineum cum breviatione ist festzustellen. Die Kortikalis zeigt normale Struktur. Das Periost des proximalen Bruchendes überragt auf der medialen Seite die Frakturlinie, scheint dort abgelöst und verdickt.

7. 8. 1925: Die Dislokation ist beseitigt. Die Bruchenden werden durch eine Lanesche Platte, die auf der lateralen Seite sichtbar ist, in ihrer Stellung gehalten. Geringe Kallusbildung ist vorhanden. Unter der Oberfläche des medialen Kortikalisschattens des distalen Fragmentes fällt ein dunkler Streifen auf, der sich 2 cm unter der Frakturlinie zweiteilt, so daß ein zweiter Streifen noch 3 cm weit neben dem ersteren parallel hergeht. Die Struktur der Spongiosa erscheint verschwommen.

29. 8. 1925: Die Frakturenden verschwinden fast unter der Kallusbildung. Der zweigeteilte dunkle Streifen am medialen Kortikalisschatten des distalen Fragmentes ist in der Nähe der Fraktur nicht mehr zu sehen. Er hat eine allgemeine Verschattung der Kortikalis auf 4 mm Breite Platz gemacht. In dieser hat sich zum Teil Kallus eingelagert, zum Teil ist in ihr eine feine flockige, spongiosaähnliche Struktur zn erkennen. Entfernter von der Frakturstelle sind jetzt deutlich nicht nur zwei, sondern drei dunkle Streifen unter der Oberfläche des Kortikalisschattens sichtbar. Der äußere verschwindet erst 12 cm unterhalb der Frakturlinie.

Fall 9. Anamnese: Christian Müller, 35 Jahre alt, brach im Juli 1924 den linken Oberschenkel. Da die Fraktur in schlechter Stellung heilte, wurde im Januar 1925 eine blutige Reposition vorgenommen. Am 23. 8. 1925 gleitet der Patient im Tanzsaal aus und frakturiert sich den linken Oberschenkel an derselben Stelle noch einmal.

Aufnahmebefund: Er wird am 24. 8. 1924 in die Klinik eingeliefert. Sein Ernährungszustand ist ausreichend. Der linke Oberschenkel ist nach außen konvex abgebogen; an der Bruchstelle ist er abnorm beweglich und zeigt Krepitation. Das Bein ist um 8 cm verkürzt und atrophisch. An der Außenseite des Oberschenkels befindet sich eine 15 cm lange, mit dem Knochen nicht verwachsene Operationswunde.

Heilungsverlauf 1. 9. 1925: Die dislozierten Bruchenden werden blutig reponiert. Dabei wird der Kallus der alten Fraktur entfernt. Eine Osteosynthese erfolgt durch einen 10 cm langen Tibiaspan, der nach dem Verfahren von Kirchner an den Fragmenten mit vier Drähten befestigt wird.

3. 9. 1925: Patient hat geringe Temperatursteigerung.
9. 9. 1925: Die Wunden sind gut verheilt.
29. 10. 1925: Der im September angelegte Gipsverband wird abgenommen.
30. 10. 1925: Patient geht am Stock.
14. 11. 1925: Patient wird geheilt entlassen.

Röntgenbefund 29. 8. 1925: Der Femurknochen ist in seiner oberen Hälfte quer gebrochen und an dieser Stelle um einen Winkel von 60° nach innen abgeknickt. Die Bruchlinie verläuft durch den Kallus eines alten Bruches. Am Scheitel des Winkels, den die Bruchenden bilden, liegt ein Draht, der diese ehemals zusammenhielt. Überall wo die Bruchenden in den Kallus hineingelagert erscheinen, sind die Konturen der Kortikalis gegen den Kallus hin verwischt. Der Bruch an der Kortikalis ist sogar nicht einmal mehr festzustellen. Am lateralen Rand der Kortikalis des proximalen Bruchendes könnte man von einer faserigen Aufspaltung sprechen. Im allgemeinen ist diese auch von deutlich streifigem Charakter. Flockiges Aussehen hat die laterale Kortikalis des unteren Fragmentes.

15. 9. 1925: Die Bruchenden sind eingerichtet, ihre Achsen bilden eine gerade Linie. Der Kallus ist vollkommen weggeräumt. In der Kortikalis sieht man die Streifen breiter als vorher. Am Rande sind diese besonders breit und eng zusammenliegend, so daß der Eindruck entsteht, als sei die ganze äußere Hälfte der Kortikalis im Schwinden. An der Stelle, wo die Knöpfe der Kirchnerschen Drähte und diese selbst aufliegen, zeigt der Kortikalisschatten schattige Buchten.

3. 10. 1925: Die Stellung des Bruches ist unverändert. Geringe Andeutungen von Kallusbildung sind wahrzunehmen. Der feine helle Randstreifen des medialen Kortikalisschattens des distalen Fragmentes ist zwischen den zwei Drähten geschwunden. Es ist nun ein Zusammenhang zwischen dem Schatten des darunter liegenden breiten dunklen Streifens und dem der Weichteile geschaffen und damit eine breitbasige schattige Einbuchtung in den Knochen.

2. 11. 1925: Die Kallusbildung ist beendet. Die Struktur der Kortikalis des proximalen Fragmentes ist deutlich flockig, der Kortikalis des distalen Fragmentes auf der lateralen Seite streifig, die mediale Kortikalis des proximalen Bruchendes hat an ihrer Spitze den hellen Randstreifen verloren und zeigt konische Zuspitzung.

Fall 10. Anamnese: Elisabeth Dobler, 65 Jahre alt, fiel am 13. 8. 1925 nachts eine Stiege hinunter und brach sich den rechten Unterarm. Sie hatte, nachdem vom Arzt der Bruch eingerichtet worden war, noch Schmerzen und kommt deswegen am 21. 8. 1925 in die Klinik.

Aufnahmebefund: Patientin ist für ihr Alter noch sehr rüstig und befindet sich in gutem Ernährungszustand. Der rechte Unterarm ist 2—3 Querfinger oberhalb des Handgelenkes gebrochen und ist dort abnorm beweglich und auf Druck schmerzhaft.

Heilungsverlauf 24. 8. 1925: Die Bruchenden des Radius und der Ulna werden blutig reponiert; danach wird der Arm in eine Schiene gelegt.

24. 9. 1925: Die Schiene wird entfernt und ein Zinkleimverband angebracht.

3. 10. 1925: Patientin macht täglich Bewegungsübungen. Außerdem wird täglich eine Biersche Stauung angelegt.

29. 10. 1925: Patientin wird für 3 Wochen nach Hause entlassen.

Röntgenbefund 21. 8. 1925: Ulna und Radius sind quer gebrochen. Die Frakturlinie ist gezackt. Eine geringe Dislocatio ad longitudinem cum breviatione liegt vor. Der Schatten der Kortikalis ist von gleichmäßigem Aussehen, seine Konturen sind glatt. Die Spongiosa ist nach der Kompakta zu vergröbert, im Gegensatz zum Zentrum, wo die Bälkchen ganz fein sind.

4. 9. 1925: Die Frakturenden sind aufeinander gestellt, die Struktur ist unverändert.

9. 10. 1925: Kallus ist in ausreichendem Maße vorhanden. Der Kortikalisschatten ist gestreift und an seiner Oberfläche aufgerauht. Am ausgeprägtesten ist der Vorgang an der lateralen Kortikalispartie des Radius, 4 Querfinger über der Bruchlinie, wo die Kortikalis von vornherein eine spindelähnliche Vorwölbung aufwies.

29. 10. 1925: Die Stellung der Bruchenden ist unverändert. Der Kallus ist an Ausdehnung zurückgegangen. Die Kortikalis sieht flockig aus; die Randpartien sind in diesem

Aussehen bevorzugt. Unter der Oberfläche des Kortikalisschattens verläuft kontinuierlich ein dunkler Streifen. Die Oberfläche des Kortikalisschattens ist höckerig, erscheint wie „angefressen". Dieser Prozeß erstreckt sich vom Gelenk bis handbreit über die Bruchlinie.

Fall 11. Anamnese: Lotte Schuhmann, 25 Jahre alt, wurde am 25. 8. 1925 von einem Motorrad, auf dessen Rücksitz sie saß, geschleudert und brach sich den rechten Unterschenkel.

Aufnahmebefund: Patientin wird noch am gleichen Tage in die Klinik eingeliefert. Am unteren Drittel des rechten Unterschenkels befindet sich ein Hautdefekt von Pfenniggröße. Aus der Wunde ragt ein Stumpf der frakturierten Tibia.

Heilungsverlauf 25. 8. 1925: Der Bruch wird reponiert und geschient.

29. 8. 1925: Ein Gipsverband wird angelegt.

28. 9. 1925: Die Bruchenden sind gegeneinander noch beweglich.

1. 10. 1925: Der Bruch wird mit Hilfe der Kalkaneuszange extendiert.

20. 12. 1925: Der Bruch ist klinisch fest.

21. 2. 1926: Patientin wird, das rechte Bein in Gehgips, entlassen.

Röntgenbefund 26. 8. 1925: Es liegt eine Biegungsfraktur (Schrägbruch mit Aussprengung eines keilförmigen Stückes) der Tibia und ein Querbruch der Fibula unterhalb des Köpfchens vor. Kortikalis und Spongiosa weisen in ihrem Bau keine Besonderheiten auf.

30. 8. 1925: Die Fragmente sind ein wenig in Dislocatio ad longitudinem cum breviatione verlagert. Diese Stellungsänderung ist auf beginnende Auslösung des keilförmigen Stückes zurückzuführen. Da die Fraktur sich in Gips befindet, ist die Struktur nicht zu erkennen.

28. 9. 1925: Frakturenden und Splitter haben die alte Stellung, die Frakturlinie ist beiderseits undeutlich. Der vordere Kortikalisschatten der Tibia zeigt in ganzer Länge am Rand eine flockige Veränderung. Der feine helle Randstreifen ist durch in die Tiefe gehende Buchten unterbrochen.

5. 10. 1925: Stellung der Knochenenden und Struktur der Kortikalis sind unverändert; nur die Struktur der Spongiosa ist vergröbert.

24. 10. 1925: Die vordere Kortikalispartie ist nur neben der Spongiosa auf einer Breite von 3 mm von homogenem Aussehen, der Rand ist 8 mm breit flockig verändert. In Nähe der Frakturlinie hat die ganze Kortikalis spongiosaähnliche Struktur angenommen. Der Umriß des Splitters ist undeutlich, aber sicher verkleinert. Der Frakturspalt ist durch Schwinden der im übrigen stärker gewordenen Spongiosa breiter geworden.

31. 10. 1925: Die flockige Struktur des vorderen Kortikalisschattens ist wieder zurückgegangen; sie nimmt nur noch die Hälfte der Breite ein. Der Frakturspalt ist wieder ausgefüllt, ebenso die Markhöhle.

21. 12. 1925: Die Stellung der Fragmente ist unverändert, ebenso die Struktur der Kortikalis. Der Frakturspalt ist nicht mehr zu erkennen. Der ihn ausfüllende Kallus hat sich größtenteils der Spongiosastruktur angeglichen, nur stellenweise sind größere dunkle Flecken sichtbar, die nicht durch Kallus ausgefüllt worden sind und das ehemalige Vorhandensein eines Frakturspaltes kennzeichnen.

Fall 12. Anamnese: Karl Flammersberger, 21 Jahre alt, geriet am 20. 4. 1925 mit dem linken Fuß unter schwere Platten, die ihm beim Herabstürzen den linken Unterschenkel zerschlugen.

Aufnahmebefund: Am Tage des Unfalles erfolgt seine Aufnahme in die Klinik. Er ist ein kräftiger Mann in gutem Ernährungszustande. Die Fraktur befindet sich am linken Unterschenkel 4 Querfinger breit über den Malleolen. Es besteht dort abnorme Beweglichkeit und Krepitation. An der Innenfläche der Tibia haben die Platten eine markstückgroße Weichteilwunde geschlagen.

Heilungsverlauf 20. 4. 1925: Der Bruch wird blutig reponiert und in Gips gelegt.

25. 4. 1925: Die Operationswunden heilen per primam intentionem.

16. 7. 1925: Die Wunden sind verheilt. Der Bruch ist noch federnd fixiert.

30. 7. 1925: Patient kann mit gebrauchsfähigem Unterschenkel entlassen werden.

Röntgenbefund 25. 4. 1925: Die Tibia ist schräg frakturiert unter Aussprengung eines keilförmigen Stückes. Die Fibula ist etwas mehr distal quer gebrochen. Eine

Dislokation besteht nicht mehr. Struktur und Konturen des Knochens sind wegen des verhüllenden Gipsverbandes nicht zu erkennen.

15. 6. 1925: Die Stellung des Bruches ist unverändert. Kallus füllt den Frakturspalt aus. Der vordere Kortikalisschatten der Tibia zeigt an der Bruchstelle streifige Struktur, die sich 5 cm nach oben und 3 cm nach unten in einem flockigen Charakter derselben verliert. Es liegen immer zwei oder drei dunkle Streifen nebeneinander, von denen der äußere stetig verläuft, während die anderen dann und wann unterbrochen sind. So entsteht, da der Prozeß mit Entfernung von der Bruchlinie an Breite zunimmt, der Anschein einer konischen Zuspitzung der Bruchenden. Der hintere Kortikalisschatten zeigt desgleichen einen dunklen Streifen dicht am Rande, kaum wahrnehmbar; an der von der Fraktur betroffenen Stelle verdoppelt sich derselbe. Die Spongiosa ist von gröberem Bau.

12. 7. 1925: Der Frakturspalt ist von reichlichem Kallus durchsetzt. Die hellen Streifen des Kortikalisschattens sind in Kallus aufgegangen. Die konische Zuspitzung der Bruchenden ist noch frappanter. Die Struktur der Spongiosa zeigt verschwommenes Aussehen.

Fall 13. Anamnese: Wendelin Pfreazinger, 22 Jahre alt, fiel am 3. 6. 1925 von einem Rollwagen und wurde dabei gegen eine Mauer gedrückt. Er brach den linken Unterschenkel, war bewußtlos, hatte starken Blutverlust, aber kein Erbrechen.

Aufnahmebefund: Patient befindet sich in gutem Ernährungs- und Kräftezustand. Der linke Unterschenkel hat handbreit über den Knöcheln und an der Medialseite der Wade tiefe, stark blutende Wunden. Der Fuß ist stark geschwollen. Tibia und Fibula sind gebrochen. Das proximale Tibiastück hat die Haut durchspießt und liegt etwa 2 cm frei.

Heilungsverlauf 3. 6. 1925: Nach Exzision des zerfetzten Muskelgewebes wird die blutige Reposition vorgenommen.

9. 6. 1925: Frische Granulationen stellen gute Wundheilung in Aussicht.

2. 7. 1925: Die Fraktur ist noch nicht fest.

10. 7. 1925: Zwecks Extension wird eine Kalkaneuszange angebracht.

20. 7. 1925: Die Zange wird entfernt.

5. 8. 1925: An der Vorderfläche des Unterschenkels hat sich ein Geschwür von 5—6 cm Ausdehnung gebildet. Die Knochen sind noch völlig gegeneinander beweglich; da sie sich noch in schlechter Stellung befinden, wird der Bruch noch einmal eröffnet. Die Bruchenden sind abgerundet. Die Markhöhle des unteren ist derb knöchern verschlossen. Das Periost wird stellenweise abgelöst und später samt der Kallusmasse wieder vernäht. Die Kortikalis erweist sich als ziemlich weich und rauh. Die Bruchenden werden durch den Lambotteschen Fixateur in ihrer Stellung gehalten.

29. 8. 1925: Der Lambottesche Fixateur wird entfernt.

25. 10. 1925: Patient kann aufstehen.

29. 10. 1925: Einige Hautfisteln sind noch vorhanden. Die Fraktur ist fest. Patient wird entlassen.

Röntgenbefund 6. 7. 1925: Tibia und Fibula sind quer gebrochen und die Bruchenden ad longitudinem cum breviatione dislociert. Die Bruchenden der Fibula sind außerdem winklig verschoben. Der hintere Kortikalisschatten des distalen Tibiafragmentes weist 20 cm von der Frakturlinie am Rand einen ziemlich breiten, sich an seinen Enden verjüngenden, etwa 3 cm langen dunklen Streifen auf. Die Frakturlinie desselben ist eigentümlich scharf und linienhaft. Ihr Verlauf ist räumlich als längliches Oval gekennzeichnet.

24. 7. 1925: Die Dislokation ist fast beseitigt. Es besteht nur noch geringe Verschiebung ad latum. Im Frakturspalt und zwischen Tibia und Fibula werden die ersten Kallusbildungen als wolkige Verschattung sichtbar. Der vordere Kortikalisschatten der Tibia des proximalen und besonders distalen Fragmentes ist vom Rand bis zur Mitte seiner Breite von flockiger Struktur, deren dunkle Tüpfel am Rand größer sind. Gegen die Weichteile ist die Kortikalis durch einen scharfen hellen Streifen abgesetzt. Das distale Fragment der Tibia trägt noch immer seine scharfe Frakturlinie.

2. 8. 1925: Die Fraktur ist in ihrer Stellung nicht verändert. Die Kallusbildung ist fortgeschritten. Alle Fragmente zeigen am Rand ihrer Kortikalis flockig-streifige Struktur, ausgenommen die hintere Kortikalis des proximalen Bruchendes der Tibia.

10. 8. 1925: Die Bruchenden der Tibia sind aufeinandergestellt und werden durch drei Schrauben des Lambotteschen Fixateurs in ihrer Stellung gehalten. Die Bruchenden der Fibula verharren in ihrer ursprünglichen Dislokation. Der Kallus ist zurückgegangen. Die vorher nur bis zur Hälfte veränderte Kortikalisstruktur ist jetzt in ganzer Breite von flockigem Aussehen. Die hintere Kortikalispartie des proximalen Tibiaendes ist in keinerlei Weise angegriffen.

28. 8. 1925: Die Stellung der Fragmente ist die alte. Starker Kallus ist bereits wieder vorhanden. Die Kortikalis ist noch mehr rarefiziert. Ihre Begrenzung gegen die Spongiosa ist wegen Strukturähnlichkeit nicht möglich. An den Stellen, wo die Schrauben in die Kortikalis eingelassen sind, konfluieren die dunklen Flocken, so daß um dieselben ein Schatten von 2—3 mm Breite entstanden ist.

Fall 14. Anamnese: Ernst Laumeister, 29 Jahre alt, sprang bei einem Gerüsteinfall am 6. 8. 1925 aus 2 m Höhe auf die Erde. Dabei wurde er von einem Stück Blech an der linken Unterschenkelinnenseite zwischen mittlerem und unterem Drittel verletzt und zog sich einen Bruch des linken Unterschenkels zu.

Aufnahmebefund: Er wird am gleichen Tage in die Klinik aufgenommen. Patient ist von mittelkräftiger Statur und gutem Ernährungszustand. Der linke Unterschenkel ist stark geschwollen. An der Bruchstelle besteht Achsenknickung, abnorme Beweglichkeit und Druckschmerz. Auf der Vorderfläche der Tibia befindet sich eine Rißquetschwunde bedeckt von Blutgerinnsel und Schmutz.

Heilungsverlauf 8. 8. 1925: Die Haut in Nähe der Wunde ist blauschwarz verfärbt. Temperatur und Puls steigen.

9. 8. 1925: Es wird an dieser Stelle eine Längsinzision vorgenommen, bei der Blutgerinnsel und zerfetzte Streckmuskulatur vorquellen.

27. 8. 1925: Die Bruchteile werden freigelegt. Die interponierten Weichteile beseitigt und ein Knochensplitter entfernt. Die Knochenenden der Tibia werden durch den Lambotteschen Fixateur in ihrer Richtung gehalten.

6. 10. 1925: Es wird ein Gipsverband angelegt.

21. 10. 1925: Abnahme desselben.

6. 11. 1925: Die Fisteln an den zwei Stellen, wo die Lambotteschen Schrauben abgebrochen waren, sezernieren.

27. 11. 1925: Nochmals wird die Fraktur blutig eingerichtet und der Lambottesche Fixateur angebracht.

2. 1. 1926: Letzterer wird wiederum entfernt, weil der Unterschenkel angeschwollen ist. Patient war bei Fertigstellung vorliegender Arbeit noch in Behandlung.

Röntgenbefund 7. 8. 1925: Die Tibia ist einmal quer gebrochen, die Fibula zweimal. Das Zwischenstück liegt von distal außen nach proximal innen disloziert und überlagert einen dreieckigen Kortikalissplitter der Tibia. Im übrigen zeigen die Brüche beider Knochen eine Dislocatio ad longitudinem cum breviatione. Die distalen Fragmente sind nach hinten, die proximalen nach vorn verlagert. Die Struktur der Kortikalis ist normal.

25. 8. 1925: Die Dislocatio ad longitudinem cum breviatione hat noch zugenommen. Die Struktur der Kortikalis ist unverändert.

14. 9. 1925: Die Dislokation ist beseitigt, sie besteht nur noch in geringem Grade ad latum fort. Kallus ist nicht vorhanden. Sichere Strukturveränderungen der Kortikalis sind wegen des Gipsverbandes nicht zu konstatieren. Nur am vorderen Kortikalisschatten der Tibia scheint sich vom Rande bis zu 2 mm Tiefe — am proximalen Fragment 7 cm, am distalen 10 cm weit — von der Frakturlinie ausgehend, eine streifige Partie hinzuziehen. Zwei Schrauben der Osteosynthese nach Lambotte haben 15 bzw. 20 cm ober- bzw. unterhalb der Tibiafraktur die Kortikalis durchbrochen und reichen ein Stück in die Spongiosa. 5 cm ober- und unterhalb der Tibiafraktur sieht man zwei abgebrochene Schraubenspitzen. Um die proximale ist die Kortikalis in 2 mm Ausdehnung dunkler schattiert. Ein dunkler Streifen am Rande der Kortikalis nimmt von dieser Verschattung seinen Ausgang und erstreckt sich 3 mm nach oben und unten.

2. 10. 1925: Der Lambottesche Fixateur ist entfernt. Als Folge ist eine erneute Dislokation ad longitudinem eingetreten. Der Kortikalisschatten sieht spongiosawärts flockig und am Rande streifig aus. Manchmal haben die dunklen Flocken Linsengröße, dann ist zu erkennen, daß helle Streifen durch sie hindurchgehen. An den Stellen der

Schrauben weist die Kortikalis breite Buchten auf, die von hellen, der Knochenoberfläche parallel laufenden Streifen durchzogen werden.

26. 10. 1925: Die Stellung der Knochenenden ist unverändert. Der streifig-flockige Prozeß hat den Knochen noch mehr rarefiziert. Um die alten Schraubensplitter sind die Kortikalisbuchten größer geworden.

28. 12. 1925: Die Knochenenden sind mit Hilfe der Lambotteschen Apparatur von neuem aufeinandergestellt. Kallus ist in Bildung. Die Kortikalis, besonders der vorderen Tibiakante, ist so sehr im Schwinden, daß in der Gegend der Fraktur die Spongiosa freiliegt. Um die neu eingebohrten Schrauben zeigt sich bereits dunkle Verschattung. Ein Schraubensplitter, der ehemals in der Kortikalis des distalen Fragmentes steckte, liegt jetzt frei in den umgebenden Weichteilen, da die Kortikalis an dieser Stelle geschwunden ist.

Fall 15. Anamnese: Georg Sinsinger, 51 Jahre alt, lief am 4. 9. 1925 in ein Motorrad und erlitt einen Bruch des rechten Unterschenkels.

Aufnahmebefund: Er wird am Tage des Unfalles in die Klinik aufgenommen. Patient sieht bleich aus und ist pulslos. Bei Berührung der linken Nierengegend reagiert er. Der linke Unterschenkel ist an der Grenze vom mittleren zum unteren Drittel gebrochen. Über der Bruchstelle befindet sich eine tiefe Wunde.

Heilungsverlauf 5. 9. 1925: Patient ist bei Bewußtsein und leidet an retrograder Amnesie. Er ist immer noch sehr blaß. Der Urin ist blutig.

9. 9. 1925: Der Bruch wird extendiert und geschient.

19. 9. 1925: Die Wunde ist reizlos und sezerniert sehr wenig.

30. 9. 1925: Ein Gipsverband wird angelegt.

10. 10. 1925: Die Wunden granulieren gut.

7. 11. 1925: Da keine Kallusbildung eingetreten ist, wird der Gipsverband abgenommen.

9. 11. 1925: Die Bruchenden werden freigelegt und die interponierten Weichteile beseitigt. Am proximalen Bruchende ist gute Kallusbildung zu erkennen. Die Markhöhle des distalen ist bindegewebig geschlossen. Der Knochen ist auffällig brüchig. Die Bruchenden werden angefrischt und adaptiert.

11. 11. 1925: Die Wunde ist gut verklebt. Auf der medialen Seite befindet sich ein kleiner Erguß.

20. 11. 1925: Die Wunde eitert, aber nur oberflächlich.

5. 1. 1926: Die Haut um die Fraktur hat sich bläulich verfärbt.

9. 2. 1926: Der Bruch ist leicht federnd fixiert. Patient war bei Fertigstellung vorliegender Arbeit noch in Behandlung.

Röntgenbefund 9. 9. 1925: Die Tibia ist am unteren Drittel, die Fibula in der Mitte ihres Verlaufes quer gebrochen. Die proximalen Fragmente sind nach der Mitte des Gliedes verlagert. Eine Dislokation besteht ad longitudinem cum breviatione. Die Struktur der Kompakta ist von normalem Aussehen.

26. 9. 1925: Die Dislokation ist beseitigt. Auffallende Änderungen der Struktur sind nicht zu erkennen.

30. 10. 1925: Die Stellung des Bruches ist dieselbe. Der mediale Kortikalisschatten des proximalen Tibiafragmentes ist in seiner ganzen Breite flockig verändert. Der Prozeß läßt in der Nähe der Oberfläche eine streifenförmige Anordnung wohl erkennen. Unter der Oberfläche des medialen Kortikalisschattens des distalen Tibiafragmentes verlaufen zwei kurze dunkle Streifen. Am lateralen Kortikalisschatten der Tibia sind diese Erscheinungen wesentlich schwächer ausgebildet. Dieser scheint in seinem kompakten Zusammenhang noch nicht allzusehr gestört zu sein. Die Spongiosa erscheint vergröbert.

11. 1. 1926: Der Winkel, dem die eingerichteten Bruchenden bisher bildeten, hat sich um 10^0 vergrößert. Die ersten Anzeichen von Kallus machen sich in diffus wolkigen Schatten bemerkbar. Die Kortikalis in Nähe der Fraktur, vor allem die der vorderem Tibiakante ist fast geschwunden. Am distalen Bruchende springt die von ihrer Kortikalishülle beraubte Spongiosa keilförmig in den Frakturspalt vor.

Veränderungen, wie sie der Abbau hervorruft, beschränken sich zunächst auf die Struktur. Wenn hierfür auch das Wort Abbau in strengerem Sinne

nicht gerechtfertigt erscheint, so ist doch zu bedenken, daß dieser ja nie Platz greifen kann, ohne vorher die Struktur irgendwie beeinflußt zu haben. Die Strukturveränderungen sind also Vorläufer des resultierenden diminutiven Zustandes.

Um diese auch in ihrer geringsten Äußerung wahrzunehmen, ist es notwendig, die normale Struktur des Knochens im Röntgenbild zu kennen.

Das Bild des normalen Röhrenknochens, das die Röntgenstrahlen entwerfen, zeigt gewissermaßen einen Längsschnitt, dessen Kortikalis nebst Periost (wenn dieses nicht verdickt ist) ohne Grenzlinie als ein einziger homogener Schatten erscheinen, während die Spongiosa ihre deutliche Bälkchenstruktur von etwas matterem Lichte als die Kortikalis auf dunklem Hintergrunde vorweist. Eine Ausnahme in dieser allgemein für die langen Röhrenknochen gültigen Voraussetzung macht die Tibia, wenn sie von der Seite aufgenommen worden ist. Die vordere Kante dieses Röhrenknochens bietet den Röntgenstrahlen, wie aus einem anatomischen Querschnitt hervorgeht, nicht eine so breite Rindensubstanz, wie das anderswo der Fall ist. Darum ist die Struktur dieser Kortikalispartie im Röntgenbilde nicht homogen, sondern etwas gefasert und ein Abbau dieses Knochenteiles nur dann sicherzustellen, wenn ein Vergleich mit dem gleich nach dem Unfall angefertigten Bilde eine weitere Veränderung erkennen läßt.

Die Röntgenbefunde, wie sie vorliegen, weichen mehr oder weniger von diesem Normalbilde ab. Und zwar sind die regelmäßig wiederkehrenden anormalen Erscheinungen atrophierender Art, fallen also unter das Kapitel des Knochenabbaues.

Das erste Anzeichen des Abbaues ist wohl in jenem dunklen Streifen zu sehen, der sich 1—2 mm unter der Oberfläche des Kortikalisschattens hinzieht (siehe Fall 5, 6, 7, 13). Im Durchschnitt tritt dieser 3 Wochen nach dem Trauma auf; natürlich gilt hier für den Einzelfall die im ersten Teil der Arbeit angestellte Berechnung des „imaginären Termins". Seine Lokalisation in bezug auf Art und Stellung der Fraktur scheint nicht bestimmten Gesetzen zu folgen. Meist geht er von der Frakturlinie aus und betrifft die Kortikalispartie, die am meisten unter Druck und Stoß der Verletzung gelitten hat [1]). Seine Ausdehnung scheint ebenfalls willkürliche Maße zu haben. Die Tatsache, daß der Streifen, der ja in Wirklichkeit einem flachen Raum entspricht, in einem von anderer Seite aufgenommenen Röntgenbild länger oder kürzer ist oder gar verschwindet, läßt darauf schließen, daß der fragliche Raum sowohl in der Richtung von unten nach oben wie nach den Seiten von unregelmäßiger Begrenzung ist. In den seltensten Fällen umfaßt er den ganzen Knochenumfang, denn gewöhnlich findet man ihn nur unter dem Kortikalisschatten einer Seite. Seine Lokalisation unter der Oberfläche des Kortikalisschattens ist bedeutungsvoll. Kortikalis und Periost sind röntgenologisch nur manchmal gegeneinander

[1]) Durch diese Bemerkung wird leicht der Vorstellung Raum gegeben werden können, als stände diese Beobachtung in Widerspruch zu der Anschauung von Wolff (siehe Einleitung). Jedoch hat Wolff die Verhältnisse des Abbaues ausschließlich nach wiederhergestellter Funktionstüchtigkeit untersucht. Es muß darum eindeutig gesagt werden, daß der Knochenabbau sowohl bei Frakturheilung wie auch nach derselben vorkommt und daß diese Arbeit nur auf das Studium des ersteren beschränkt ist.

abzugrenzen. Jener dunkle Streifen verläuft an der Grenze, die zwischen ihnen zu vermuten wäre, denn seine Entfernung vom Rande des Schattens wächst proportional mit der Breite des Knochens. Wir haben es ohne Zweifel mit dem Vorgang einer Resorption an der Knochenoberfläche zu tun, wodurch das Periost abgelöst worden ist. Der Einwand, daß sich das Periost unter der Gewalt des Traumas oftmals abhebe, ist in allen Fällen berücksichtigt worden. Es zeigte sich, daß in 3 Fällen gleich nach dem Unfall, der zur Fraktur führte, eine traumatische Periostablösung nicht zu bemerken war. Im vierten und

Abb. 2. Fraktur ohne Strukturveränderung (vgl. S. 355).

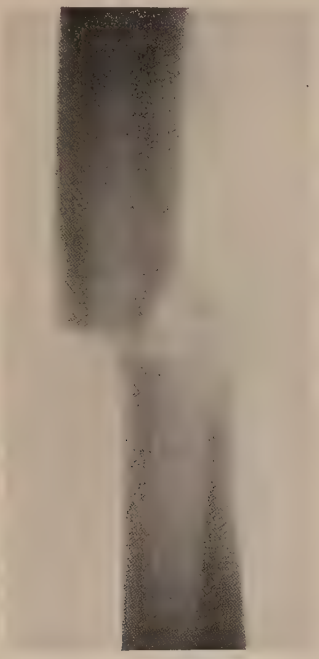

Abb. 3. Abbau 1. Grades (vgl. S. 355).

letzten in Frage kommenden Fall fehlte ein diesbezügliches Röntgenbild, um denselben Nachweis zu führen.

Indessen ist dies röntgenologische Phänomen nur Ausdruck dessen, was bereits Bonome auf anatomischem Wege erforscht hat. Er nannte diese so entstandenen subperiostalen Räume „Resorptionszonen“ (siehe Einleitung).

Aber auf dieser Stufe bleibt der Abbau nicht stehen. Dem ersten dunklen Streifen gliedern sich spongiosawärts weitere an, die mehr oder minder die Breite des Kortikalisschattens in Anspruch nehmen (siehe Fall 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10 und 14). Auch das berichtet schon Bonome. Vornehmlich sind diese dunklen Streifen in den peripheren Teilen der Kompakta anzutreffen und sind je näher dem Rande um so deutlicher. Es handelt sich augenscheinlich um einen Prozeß, der der in der Literatur unter dem Namen konzentrischer Atrophie bekannten Erscheinung verwandt ist. Er spielt sich, soweit dies aus dem

Röntgenbild zu ersehen möglich, in den General- und Schaltlamellen ab. Die Haverschen Kanäle sind anscheinend noch nicht betroffen, sonst dürften diese Streifen nicht so regelmäßig, gradlinig und scharf konturiert verlaufen. Aus den beschriebenen Fällen geht hervor, daß diese streifige Veränderung der Kortikalis, vom Rande zur Spongiosa fortschreitend, zur vollen Ausbildung längere Zeit gebraucht. Eine bestimmte Zeit für das Auftreten dieses Stadiums im Verlauf des Abbaues ist daher nicht zu errechnen; es wäre ungefähr in die 5. Woche nach dem Trauma zu verlegen, mit der verständlichen Einschränkung, daß je jünger der Knochen, um so eher auch dies Stadium erreicht wird.

Wie bereits erwähnt, ist nur mit Vorsicht von dem röntgenologischen Befund auf den biologischen Vorgang zu schließen. Sowohl der dunkle Streifen unter dem Periost, wie auch die innerhalb des Kortikalschattens sind nicht etwa Kennzeichen von Hohlräumen, wie aus dem Zusammenhang mit dem Abbau hervorzugehen scheint. Das Röntgenbild bezeugt nur, daß es sich um kalkarme oder kalklose Stellen handelt. Was sich im übrigen in diesen Räumen befindet, dürfte alle Möglichkeiten von organischer Knochensubstanz bis zur Gewebsflüssigkeit umschließen. Wie sehr damit zu rechnen ist, daß es sich um erstere handelt, beweist der Umstand, daß der Verfasser am Kortikalisschatten rachitischer Knochen in einer großen Anzahl der Fälle die gleichen Strukturveränderungen beobachtet hat, nur mit dem Unterschiede daß hier der Prozeß mehr oder weniger über die ganze Länge des deformierten Knochens verbreitet war.

Ein Hinweis auf den Operationsbericht (5. 2. 1925) von Fall 13 dürfte hier auch angebracht sein. Es heißt dort: die Kortikalis sei „weich und rauh" gewesen.

Während bisher der Abbau in bezug auf das Strukturbild in seiner Art derselbe geblieben ist und nur in bezug auf seine Lokalisation neuen Wandel hervorgebracht hat, macht sich später eine auffallende, aber dennoch langsam Platz greifende Veränderung bemerkbar, die das Knochenbild im ganzen umstellt. Die dunklen Streifen verbreitern sich auf millimeterlange Strecken in regelmäßiger Weise, so daß der Eindruck aneinander gereihter Flocken entsteht. Die ehemals zwischen den dunklen Streifen gelegenen hellen werden dementsprechend gleichmäßig abwechselnd verengt, so daß sich hier dasselbe Bild im hellen Kontrast wiederholt. In der Beschreibung der Fälle wurde dies röntgenologische Bild des Abbaues kurz mit dem Worte flockig bezeichnet. Es wurde durchschnittlich in der 8. Woche nach dem Trauma beobachtet. Seine Ausdehnung erstreckt sich nur auf das Gebiet der vorangegangenen streifigen Veränderung. Was für Vorgänge im Gewebe diesem röntgenologischen Bilde zugrunde liegen, ist nur hypothetisch zu äußern. Wahrscheinlich handelt es sich um Übergreifen des Abbaues auf die Haverschen Kanäle.

Die letzte Möglichkeit der Erscheinungsformen des Abbaues ist das restlose Schwinden eines derartig rarefizierten Kortikalisschattens (siehe Fall 14 und 15). Dieser vorgeschrittene Prozeß ist in den seltensten Fällen zu beobachten. Betroffen werden von ihm in erster Linie die Frakturenden. Zeitlich kommt er in der 8.—10. Woche nach der Fraktur zur Beobachtung.

Wohl von diesem Endresultat des Abbaues zu scheiden, ist der Abbau um Schrauben und in der Nähe von Drähten. Der Knochen beantwortet den

Reiz der Bohrung und des Druckes so energisch, daß er sich, alle Stufen der Strukturveränderung schnell durchlaufend, in kürzester Frist an den betroffenen Stellen, aber auch nur dort, abbaut (siehe Fall 9, 13 und 14).

Vorstehende Schilderung des Knochenabbaues ist als ein Versuch anzusehen, diesen so vielseitigen, fließend von Grad zu Grad fortschreitenden Prozeß durch einzelne, aus dem Zusammenhang herausgelöste Bilder zu charakterisieren. An und für sich sind die Grenzen zwischen dem ersten, zweiten,

Abb. 4. Abbau 2. Grades, + beginnenden 3. Grades (vgl. S. 355).

Abb. 5. Abbau 3. Grades (vgl. S. 356).

dritten und vierten Stadium des Abbaues nicht so scharf. Während die allgemeine streifige Verschattung der Kortikalis zur Beobachtung kommt, ist immer noch der dunkle Streifen unter dem Periost sichtbar; während die Kortikalis ein flockiges Aussehen darbietet, sind noch immer der Perioststreifen und ein paar weitere in der Kortikalis unverändert erhalten; und während die Kortikalis im Schwinden ist, sind an anderer Stelle immer noch Perioststreifen, Kortikalisstreifung und flockige Prozesse zu erkennen.

Darum mögen die festgehaltenen Bilder nicht als Ausdruck verschiedener Stadien, sondern eines Knochenabbaues ersten, zweiten, dritten und vierten Grades bezeichnet werden.

Im Beginn der Arbeit ist der Abbau bei Frakturen als ein naturgemäß mit der Heilung verknüpfter Vorgang und sein Auftreten gewissermaßen als teleologisch begründet aufgefaßt worden. Nachdem aber festgestellt worden ist,

bis zu welchem Endzustand sich dieser entwickeln kann, bedarf die Frage der Zweckmäßigkeit einer nochmaligen Nachprüfung.

Es ist schlechterdings unmöglich, daß ein Abbau vierten Grades zweckmäßig genannt werden kann. Er kommt im Verlaufe eines normalen Heilvorganges auch nicht vor. Im allgemeinen konsolidieren die Frakturen unter den Erscheinungen eines Abbaues dritten Grades (siehe Fall 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 und 13). Bei Kindern kann sich, wenn kein allzu schweres Trauma vorliegt (siehe Fall 8), die Konsolidation schon beim Abbau zweiten Grades vollziehen (siehe Fall 1, 2 und 3). Der Abbau ist außer dem Kallus noch lange nach der Heilung Anzeichen eines stattgehabten Bruches. Wielange nach dem Trauma und nach der Bruchheilung ein Abbau noch bestehen kann, zeigt Fall 9. Vermutlich aber ist er, wie auch der Kallus, einer Rückbildung fähig und durchläuft im umgekehrten Sinne die Grade seiner Entwicklung. Im besprochenen Falle kann man wohl annehmen, daß die Fraktur unter dem Bilde eines Abbaues dritten, wenn nicht gar vierten Grades verheilt ist; 7 oder 8 Monate später sind aber nur noch Anzeichen eines Abbaues zweiten, an einer Stelle allerdings dritten Grades sichtbar.

Ein Urteil, ob Abbau, wie er bei normalen Frakturheilungen beobachtet wird, Vorteil für deren Verlauf bietet, ergibt sich aus den Zusammenhängen, die zwischen Kallus und Abbau, jenen anscheinend so entgegengesetzten Erscheinungen, bestehen.

Die Ausdehnung des Abbaues überschreitet im allgemeinen nicht die Grenzen des Kallus. Es dürfte daraus zu entnehmen sein, daß die Ätiologie des Abbaues mit der des Kallus eng verbunden ist.

Dafür spricht auch die Tatsache, daß Kallus und Abbau unter normalen Umständen, jedenfalls bei nicht ganz zu jungen Menschen (siehe Fall 1), bei denen augenblicklich die Empfindlichkeit des Gewebes größer ist als die Reaktionsfähigkeit, zu gleicher Zeit auftreten. Da, wo ziemlich frühzeitig Abbau ersten Grades noch beobachtet werden konnte, waren in drei Fällen (siehe Fall 5, 6 und 7), die einwandfrei heilten, bereits auch röntgenologisch die ersten Wolken der beginnenden Kallusbildung zu diagnostizieren. Konnte, weil eine frühzeitigere Röntgenaufnahme nicht gemacht worden war, der Kallus erst bei Abbau zweiten Grades festgestellt werden, so ließ der vorgeschrittene Zustand auch des Kallus darauf schließen, daß dieser schon einige Zeit in Bildung war (siehe Fall 2, 3, 4, 10 und 12). Im Fall 8 konnte der wahrscheinlich rechtzeitig aufgetretene Kallus nicht beobachtet werden, weil er, kaum über das Keimstadium hinausgediehen, unter vorangehender Operation, die aus Gründen einer Weichteilverwachsung mit dem Periost besonders tiefgreifend war, allzusehr gelitten hatte. Im Fall 9 ist die verspätete Kallusbildung ein Trugbild, denn der vorhandene Abbau datiert von einer älteren Fraktur, deren dazu gehöriger Kallus beseitigt worden war. In allen übrigen Fällen (siehe Fall 8, 11, 13 und 14 sowie 15), wo der Heilungsverlauf kein gewöhnlicher und als gestört zu bezeichnen wäre, ist der röntgenologische Ausdruck für das klinische Verhalten: ein fortschreitender Abbau bei ausbleibender oder verzögerter Kallusbildung.

Indessen würde die Frage nach der Zweckmäßigkeit des Abbaues eine nur wenig befriedigende Antwort finden, wenn nicht die Verkittung der Bruch-

enden durch Ineinandergreifen von Kallus und Abbau eine bedeutende Unterstützung erführe (siehe Fall 4, 8 und 12). Es ist zwar nicht ohne Vorbehalt zu entscheiden, ob die in den dunklen Kortikalisstreifen später entstehende Trübung wirklich Kallus bedeutet, und wenn, ob dieser in die Kortikalis hinein oder vor dieselbe, d. h. um den Knochen, zu projizieren ist.

Obwohl der Nutzen des Abbaues für die Heilung einer Fraktur zwar nicht so leicht einzusehen ist wie der des Kallus, so können wir nicht glauben, daß er als Folge des Bruches lediglich eine schädigende Steigerung der physiologischen Resorptionstätigkeit darstellt. Seine Zweckmäßigkeit während der Heilung scheint uns kaum geringer zu sein als nach der Heilung, wo er bei Anpassung des Gliedes an seine funktionellen Erfordernisse die von Wolff und König gewürdigte Rolle spielt. Das erläutern die angeführten Fälle von komplizierten und Brüchen mit blutigem Eingriff. Die Tatsache, daß bei diesem Abbau in höherem Maße angeregt wird, ist ein erfreulicher Ausdruck der der Größe des Traumas entsprechenden Heilungstendenz, denn mit dem Abbau wächst normalerweise auch der Kallus. Und so mag unter Umständen ein operativer Eingriff den noch notwendigen Reiz hergeben, um eine beschleunigte Heilung zu erzielen (siehe Fall 10).

Sehr interessant ist das Verhalten der Spongiosa während des Abbaues in der Kortikalis. Es läßt sich schwer mit Worten schildern, wie die Bälkchen sich verbreitern, an Helligkeitsintensität gewinnen und dabei doch verschwommene Konturen zeigen. Die Spongiosa wird für den Beschauer aus der Ferne deutlicher, für den Beschauer in der Nähe verliert sie an Klarheit. Diese Veränderung der Struktur läßt sich leicht durch regenerative Vorgänge im Knochenmark erklären, die Maas (siehe Einleitung) beschrieben hat. Wie ohne weiteres zu folgern, neigen jugendliche Knochen am ehesten dazu und so findet man im Röntgenbild Anzeichen von diesem Prozeß nur bei letzteren. Im allgemeinen erscheinen sie zugleich mit dem Abbau zweiten Grades (siehe Fall 3, 4, 5, 7 und 8), selten treten sie später auf (siehe Fall 11, 12 und 15).

Der Knochenabbau ist bei Frakturen ein ebenso wie der Kallus zu berücksichtigendes Moment. Dieser wie jener entscheiden das Schicksal einer Fraktur. Das Röntgenbild ist das einzig in Frage kommende, aber nichtsdestoweniger hervorragend geeignete Mittel, den Abbau in seiner klinischen Bedeutung, d. h. in seiner guten und schlechten Artung zu beurteilen.

Mit vorliegender Arbeit der klinischen Diagnostik einen Dienst erwiesen zu haben, ist der lebhafte Wunsch des Verfassers. Es lag wohl in der Art des Themas, das eine dankenswerte Aufgabe darstellte, begründet, daß die Freude an seiner Bearbeitung bis zum Ende in gleichem Maße erhalten blieb. Der Verfasser möchte es sich darum nicht versagen, seinem verehrten Lehrer, Herrn Geheimrat König, an dieser Stelle für Überlassung des Themas und vielfache Anregung zu danken.

Nachtrag: Die Röntgenbefunde sind nach Röntgennegativen beschrieben, während die Abbildungen die Röntgenpositive darstellen.

Tabelle der untersuchten Frakturen

Name	Alter in Jahren	Diagnose
*Adolf Huppmann	18	Fraktur des Unterschenkels
Emilie Morschhäuser	40	„ „ Unterarmes
*Blanka Kornberger	2	„ „ Oberschenkels
*Lenchen Weichselfelder	3	„ „ „
Hans Adler	22	„ „ „
Grete Kiesel	22	„ „ Unterschenkels
Hans Herold	18	„ „ Oberschenkels
Betty Haertl	28	„ „ Unterschenkels
Barbara Hofmann	22	„ „ „
Anton Schippert	60	„ „ „
Fritz Wolbert	29	„ „ Oberschenkels
Peter Siedler	54	„ „ Unterschenkels
Eduard Rösch	22	„ „ Unterarmes
Adolf Noß	10	Offene Fraktur des Unterschenkels
Josef Göbel	27	Fraktur des Oberschenkels
Erich Schwesinger	22	Offene Fraktur des Unterschenkels
Johann Friedel	55	„ „ „ „
Wilhelm Götze	29	„ „ „ Oberschenkels
Toni Nußmächter	7	Fraktur des Oberschenkels
Ludwig Kunzig	9	„ „ Unterschenkels
Josef Kreis	43	„ „ „
Hans Brückner	16	„ „ „
Adolf Hemmerich	5	Offene Fraktur des Unterschenkels
August Wiese	14	Fraktur des Oberschenkels
August Decker	14	„ „ Unterarmes
*Karl Maier	19	„ „ Oberschenkels
Friedrich Stahl	13	„ „ Unterschenkels
Wilhelm Wenzel	47	„ „ Oberschenkels
Sophie Winkler	25	„ „ Unterschenkels
Bernhard Guckenberger	14	„ „ Unterarmes
Gustav Baierle	20	„ „ „
Ludwig Lindacker	42	„ „ Unterschenkels
Margarete Hanf	41	„ „ Unterarmes
Lorenz Hammer	50	„ „ Oberschenkels
*Ludwig Kiesel	17	„ „ Unterschenkels
*Josef Geßner	18	„ „ Oberschenkels
*Karl Flammersberger	21	Offene Fraktur des Unterschenkels
*Hans Roth	6	Fraktur des Oberschenkels
*Wendelin Pfreazinger	22	Offene Fraktur des Unterschenkels
*Alfred Kunz	6	Fraktur des Oberschenkels
*Ernst Baumeister	29	Offene Fraktur des Unterschenkels
*Elisabeth Dobler	65	Fraktur des Unterarmes
*Christian Müller	35	„ „ Oberschenkels (Refraktur)
*Lotte Schuhmann	25	Offene Fraktur des Unterschenkels
*Georg Sinsinger	51	„ „ „ „

* Beschriebene Fälle.

in chronologischer Reihenfolge.

Trauma	Blutiger Eingriff	kein Abbau	Abbau	Abbau-periode
4. 5. 23	—	7. 5. 23	18. 5. 23	3.—14. Tag
18. 8. 23	—	—	—	—
25. 8. 23	—	—	29. 08. 23	0.— 4. „
1. 11. 23	—	—	22. 11. 23	0.—21. „
13. 12. 23	20. 12. 23	14. 12. 23	7. 1. 24	1.—24. „
22. 12. 23	29. 1. 24	18. 2. 24	14. 3. 24	20.—43. „
5. 1. 24	—	8. 1. 24	4. 2. 24	3.—30. „
21. 1. 24	6. 2. 24	5. 2. 24	12. 2. 24	15.—22. „
26. 1. 24	—	11. 2. 24	1. 3. 24	16.—33. „
3. 2. 24	—	—	—	—
21. 2. 24	24. 3. 24	12. 4. 24	28. 4. 24	19.—35. „
25. 2. 24	—	—	—	—
3. 24	—	—	—	—
25. 3. 24	—	25. 3. 24	15. 4. 24	0.—21. „
3. 4. 24	—	—	—	—
13. 4. 24	16. 4. 24	14. 4. 24	2. 5. 24	1.—19. „
23. 4. 24	23. 10. 24	—	18. 10. 24	0.—178. „
24. 4. 24	—	8. 5. 24	11. 7. 24	14.—78. „
2. 5. 24	—	2. 5. 24	12. 6. 24	0.—31. „
5. 5. 24	—	5. 5. 24	16. 5. 24	0.—11. „
28. 5. 24	—	—	—	—
9. 6. 24	—	10. 6. 24	3. 7. 24	1.—24. „
15. 6. 24	—	23. 6. 24	1. 7. 24	8.—16. „
19. 7. 24	—	21. 7. 24	30. 7. 24	2.—11. „
20. 7. 24	—	21. 7. 24	4. 8. 24	1.—15. „
24. 7. 24	—	29. 7. 24	13. 8. 24	5.—20. „
12. 8. 24	—	12. 8. 24	25. 8. 24	0.—13. „
13. 8. 24	—	—	—	—
9. 9. 24	—	—	—	—
14. 9. 24	—	19. 9. 24	8. 10. 24	5.—24. „
21. 10. 24	11. 11. 24	22. 10. 24	7. 11. 24	1.—17. „
26. 10. 24	—	—	—	—
6. 11. 24	12. 12. 24	9. 12. 24	8. 1. 25	0.—27. „
12. 12. 24	—	—	—	—
27. 1. 25	—	29. 1. 25	23. 2. 25	2.—27. „
21. 3. 25	—	30. 3. 25	15. 4. 25	7.—25. „
20. 4. 25	20. 4. 25	25. 4. 25	15. 6. 25	5.—56. „
11. 5. 25	—	20. 5. 25	17. 6. 25	9.—37. „
3. 6. 25	3. 6. 25	—	6. 7. 25	0.—33. „
25. 7. 25	5. 8. 25	25. 7. 25	7. 8. 25	0.—12. „
6. 8. 25	9. 8. 25	25. 8. 25	14. 9. 25	16.—36. „
13. 8. 25	24. 8. 25	4. 9. 25	9. 10. 25	11.—46. „
23. 8. 25	1. 9. 25	—	—	ungültige Werte siehe S. 366
25. 8. 25	—	26. 8. 25	28. 9. 25	1.—34. „
4. 9. 25	9. 11. 25	26. 9. 25	30. 10. 25	22.—56. „

Thesen.

1. Knochenabbau im Verlaufe der Frakturheilung erscheint im Röntgenbild bei Individuen jeden Alters nur dann, wenn die Fraktur künstlich oder traumatisch eröffnet wurde, sonst nur bei jungen Menschen bis zum Alter von etwa 22 Jahren.

2. Der Abbau tritt um so früher nach dem Trauma auf, je jünger das betroffene Individuum ist.

3. Im Verlaufe des Abbaues sind nacheinander vier Grade seiner Erscheinung zu erkennen:

a) ein Abbaustreifen zwischen Periost und Kortikalis,

b) eine streifige Verschattung der Kortikalis,

c) eine flockige Struktur derselben,

d) vollkommener Schwund der Kortikalis an den Bruchenden.

4. Die Konsolidation der Fraktur vollzieht sich im allgemeinen unter den Anzeichen eines Abbaues dritten Grades, bei Kindern unter den Anzeichen eines Abbaues zweiten Grades.

5. Ein Abbau vierten Grades ist nur bei gestörtem Heilungsverlauf der Fraktur zu beobachten.

6. Kallus und Abbau halten sich in denselben Grenzen und müssen bei normalem Heilungsverlauf zu gleicher Zeit auftreten.

7. Der Kallus ergreift von den abgebauten Zonen der Kortikalis Besitz.

8. Ein operativer Eingriff regt das Fortschreiten des Abbaues und die Bildung von Kallus an und fördert so die Heilung.

Literatur.

1. Gurlt: Lehre von den Knochenbrüchen. Berlin 1862. — 2. Bonome: Zur Histogenese der Knochenregeneration. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. Bd. 100, S. 293. — 3. Bruns: Die Lehre von den Knochenbrüchen. Dtsch. Zeitschr. f. Chirurg. 1882. Lief. 27. — 4. Maas: Über Wachstum und Regeneration der Röhrenknochen. Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 20, S. 708. — 5. Wolff: Versamml. d. dtsch. Naturf. u. Ärzte. Aachen 1900. — 6. Derselbe: Beitrag zur Lehre von der Heilung der Frakturen. Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 14, S. 270. — 7. Derselbe: Zur Lehre der Frakturheilung. Dtsch. Zeitschr. f. Chirurg. Bd. 2, S. 546. 1873. — 8. König, Fritz: Die späteren Schicksale difform geheilter Knochenbrüche usw. Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 85, S. 187. — 9. Wachtel: Über die diagnostische und therapeutische Bedeutung der feineren Details der Frakturbilder. Münch. med. Wochenschr. 1915. S. 1560.

Lebenslauf.

Verfasser vorliegender Arbeit wurde am 2. August 1901 als Sohn des Lehrers Wilhelm Kieling zu Brandenburg (Havel) geboren. Er besuchte zunächst drei Jahre lang den Unterbau der dortigen Bürgerschule und später das Realgymnasium. Zu Michaelis 1921 bestand er das Abiturium. Vom Wintersemester 1921/22 bis Wintersemester 1922/23 war er an der medizinischen Fakultät der Universität Göttingen immatrikuliert. Dann bezog er die Universität Greifswald, wo er Ende des Wintersemesters 1923/24 das ärztliche Vorexamen ablegte. Das Sommersemester 1924 verbrachte er, einer Einladung der Grazer Studentenschaft folgend, in Graz. Vom Wintersemester 1924/25 an studierte er in Würzburg, wo er sich im Oktober 1926 der ärztlichen Staatsprüfung unterzog.